

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Teori Perawatan

Perawatan merupakan gabungan dari semua aktivitas yang diperlukan untuk menjaga atau mempertahankan kualitas fasilitas/mesin agar dapat berfungsi dengan baik seperti kondisi awal mesin (Ansori & Mustajib, 2013). Definisi lain dari perawatan ialah suatu kombinasi dari berbagai tindakan yang dilakukan untuk menjaga suatu barang dalam atau memperbaikinya sampai suatu kondisi yang bisa diterima (Kurniawan, 2013) . Perawatan harus tetap memperhatikan fungsi pendukungnya dan meminimalkan ongkos untuk mengantisipasi tingkat kerusakan dan mencegah terhentinya kegiatan produksi.

2.1.1 Tujuan Perawatan

Adapun tujuan utama dilakukannya tindakan perawatan adalah sebagai berikut (Corder & Hadi, 1988) :

1. Menjamin ketersediaan optimum peralatan yang dipasang untuk produksi,
2. Memperpanjang usia pakai fasilitas produksi, terutama bagi fasilitas produksi dan mendapatkan komponen pengganti
3. Menjamin kesiapan operasional dari seluruh fasilitas yang diperlukan untuk pemakaian darurat,
4. Menjamin keselamatan operator yang mengoperasikan mesin tersebut.

2.1.2 Bentuk Kebijakan Perawatan

Tindakan perawatan secara umum terbagi dalam dua jenis, antara lain (Sudrajat, 2011):

1. *Preventive Maintenance*

Perawatan pencegahan ialah perawatan yang dilakukan sebelum mesin mengalami kerusakan. Perawatan ini cukup baik karena dapat mencegah berhentinya mesin yang tidak direncanakan. Kebijakan perawatan pencegahan ini akan menjamin keandalan dari mesin tersebut serta memperpanjang umur pakai mesin. Akan tetapi banyaknya waktu proses produksi yang terbuang dan banyaknya kemungkinan terjadinya *human error* ketika proses perbaikan.

Pada penelitian Dhamayanti, dkk. (2016) terhadap mesin komori LS440 dengan menggunakan *preventive maintenance* untuk komponen subsistem kritis, yaitu *Scheduled on Condition Task* pada komponen *Sucker Feeder* dilakukan setiap 3,5 bulan sekali, *Scheduled on Condition Task* pada komponen rantai meja dilakukan setiap 4,5 bulan sekali, *Scheduled on Condition Task* pada komponen *Solenoid Feeder* dilakukan setiap 5,5 bulan sekali.

2. *Breakdown Maintenance*

Kebijakan perawatan ini dilakukan dengan cara mengoperasikan suatu mesin hingga rusak, kemudian baru diperbaiki atau diganti. Perawatan ini menimbulkan biaya yang sangat tinggi, kondisi mesin tidak diketahui dan keselamatan kerja tidak terjamin.

Keuntungan dari *breakdown maintenance* :

- a. Sistem perawatan ini cocok untuk mesin yang murah dan sederhana
- b. Murah dan tidak perlu melakukan perawatan

Kekurangan dari *breakdown maintenance* :

- a. Sistem perawatan ini menimbulkan kerugian yang besar jika digunakan pada mesin yang mahal
- b. Terlalu berbahaya dan butuh tingkat keselamatan yang tinggi

3. *Predictive Maintenance*

Perawatan *predictive* merupakan bagian perawatan pencegahan. Perawatan ini merupakan strategi perawatan di mana pelaksanaannya didasarkan kondisi mesin. Sistem perawatan ini dengan cara memeriksa mesin secara rutin.

Pada penelitian Soesetyo & Bendatu (2014) terhadap mesin *pellet* di PT Charoen Pokphand Indonesia. Hasil produksi dari mesin *pellet* sering lebih rendah dibandingkan dengan mesin *mixer* dan *packing*. Penyebabnya ialah keandalan (*reliability*) mesin *pellet*. PT Charoen Pokphand Indonesia menerapkan *breakdown maintenance* dan *corrective maintenance* untuk perbaikan mesin produksi. Akan tetapi sistem perawatan mesin *breakdown maintenance* dan *corrective maintenance* ini tidak menunjukkan kapan terjadinya suatu mesin mengalami kerusakan. Kerugian yang lainnya yaitu biaya kehilangan produksi dan biaya perbaikan yang cenderung lebih tinggi. Sehingga PT Charoen Pokphand Indonesia mengubah sistem perbaikannya dengan merancang penjadwalan *predictive maintenance*. Pada penerapan perawatan ini dapat meningkatkan keandalan sebesar 1% sampai 3% jika dibandingkan dengan sistem perawatan sebelumnya. Dan dapat menurunkan biaya perawatan sebesar 12% hingga 90% dari biaya perawatan sebelumnya.

4. *Scheduled Maintenance*

Perawatan ini bertujuan mencegah terjadinya kerusakan dan perawatannya dilakukan dalam selang waktu yang tetap. Selang waktu ditentukan berdasarkan data masa lalu atau pihak perusahaan. Pihak perusahaan sudah mendapatkan rincian atau informasi dari semua mesin yang berada di rantai produksi. Informasi tersebut diserahkan ke bagian *maintenance* yang bertugas mengecek dan merawat mesin tersebut.

5. *Corrective Maintenance*

Menurut Ansori & Mustajib (2013), *Corrective maintenance* merupakan kegiatan perawatan yang dilakukan setelah terjadinya kerusakan pada peralatan sehingga peralatan tidak berfungsi dengan baik. Kegiatan perawatan korektif meliputi seluruh aktivitas mengembalikan mesin dari keadaan rusak menjadi beroperasi kembali

2.2 *Downtime*

Downtime merupakan waktu yang dibutuhkan oleh mesin yang mengalami kerusakan dan berhenti, sampai dengan waktu yang dibutuhkan untuk perbaikan dan mesin siap untuk digunakan kembali. *Downtime* mesin dapat terjadi ketika unit mengalami masalah seperti kerusakan yang dapat mengganggu performansi secara keseluruhan termasuk kualitas produk yang dihasilkan atau kecepatan produksinya sehingga membutuhkan sejumlah waktu tertentu untuk mengembalikan fungsi unit tersebut pada kondisi semula.

Pada penelitian Djunaidi & Sufa (2007) terhadap komponen *mould* dan *blow head* di PT KCI, sistem perawatan khususnya komponen *mould* dan *blow head* bersifat *corrective maintenance* yang perawatannya dilakukan setelah terjadinya kerusakan. Kerusakan komponen ini menyebabkan produk mengalami kecacatan (*reject*). Pada komponen ini memiliki *downtime* yang terbesar diantara komponen lain sebesar 17,08 jam. Maka dari itu penelitian ini mengusulkan dalam perawatan pencegahan ini difokuskan pada komponen kritis yaitu *mould* dan *blow head*. Metode yang digunakan yaitu metode *Age Replacement* yaitu menentukan interval penggantian pencegahan berdasarkan umur optimal komponen. Dari hasil perhitungan yang didapat dengan menggunakan metode *Age Replacement* untuk komponen *mould* sebesar 49 jam dan *blow head* sebesar 41 jam.

Downtime terdiri dari beberapa unsur , yaitu (Ebeling, 2004) :

- a. *Supply delay*, yaitu waktu yang dibutuhkan oleh pihak *maintenance* untuk memperoleh komponen atau *sparepart* yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proses perbaikan.
- b. *Maintenance delay*, yaitu waktu yang dibutuhkan untuk menunggu ketersediaan sumber daya perawatan untuk melakukan proses perbaikan.
- c. *Acces time*, yaitu waktu yang dibutuhkan untuk mendapatkan akses ke komponen yang mengalami kerusakan.
- d. *Diagnosis time*, yaitu waktu yang dibutuhkan untuk menentukan penyebab kerusakan dan langkah perbaikan apa yang harus ditempuh untuk memperbaiki kerusakan.
- e. *Repair of replacement time*, yaitu waktu aktual yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proses pemulihan setelah permasalahan dapat diidentifikasi dan akses ke komponen yang rusak dapat dicapai.
- f. *Verification and alignment time* yaitu waktu yang dibutuhkan untuk memastikan bahwa unit telah kembali pada kondisi operasi semula.

2.3 Reliability Centered Maintenance (RCM)

Reliability Centered Maintenance (RCM) ialah suatu proses yang digunakan untuk menjelaskan apa yang harus dilakukan untuk menjamin aset fisik dapat berjalan dengan baik sesuai dengan keinginan penggunanya (Moubray, 1997). *Reliability Centered Maintenance* (RCM) merupakan suatu metode perawatan yang memanfaatkan informasi yang terkait dengan keadaan suatu fasilitas, untuk memperoleh strategi perawatan yang mudah, efektif dan efisien (Kurniawan, 2013). Menurut Kimura (2002), *Reliability Centered Maintenance* (RCM) ialah serangkaian proses yang digunakan untuk menentukan apa yang harus dilakukan dalam memastikan bahwa aset-aset fisik dapat berjalan dengan baik dalam menjalankan fungsi yang dikehendaki oleh pemakainya.

Aufar (2014) melakukan penelitian terhadap mesin *overhead conveyor* (OHC) pada PT. Nissan Motor Indonesia. Permasalahannya adalah sering terjadi kerusakan dengan jumlah kerusakan paling tinggi dibandingkan dengan mesin yang lain sebanyak 38 mode kegagalan. Dengan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM), terdapat 34 kegagalan yang bisa diatasi dengan melakukan kebijakan perawatan dengan melakukan pengamatan dan pemeriksaan secara berkala. Dan 4 mode kegagalan diatasi dengan melakukan kebijakan perawatan untuk tetap menggunakan komponen hingga komponen tersebut mengalami kerusakan.

2.3.1 Tujuan dari RCM

Tujuan dari *Reliability Centered Maintenance* (RCM) yaitu :

1. Untuk mengembangkan suatu pola untuk memfasilitasi kegiatan perawatan yang efektif,
2. Untuk mengumpulkan data dan informasi yang berkaitan dengan kegiatan perbaikan suatu sistem dengan berdasarkan bukti keandalan yang kurang memuaskan,
3. Untuk merencanakan perawatan pencegahan yang efektif dan aman pada level-level tertentu dari sistem,
4. Untuk mencapai tujuan di atas dengan biaya yang minimum.

Keuntungan dari *Reliability Centered Maintenance* (RCM) yaitu :

1. Bisa menjadi program perawatan yang paling efisien,
2. Menurunkan frekuensi *overhaul*,
3. Biaya perawatan akan lebih rendah dengan mengeleminasi kegiatan perawatan yang tidak diperlukan,
4. Memfokuskan tindakan perawatan kepada komponen-komponen kritis,
5. Dapat meningkatkan keandalan komponen,
6. Mengurangi peluang kegagalan peralatan secara mendadak,

2.3.2 Prinsip-Prinsip RCM

Prinsip-prinsip RCM menurut (Rausand & Vatn, 2008) yaitu :

1. RCM memelihara fungsional sistem, bukan sekedar memelihara suatu sistem agar beroperasi tetapi juga memelihara agar fungsi sistem berjalan sesuai dengan harapan,
2. RCM lebih fokus kepada fungsi sistem daripada ke suatu komponen tunggal yaitu apakah sistem masih dapat menjalankan fungsi utama jika suatu komponen mengalami kegagalan,
3. RCM berbasiskan pada keandalan yaitu kemampuan suatu sistem untuk beroperasi sesuai dengan fungsi yang diinginkan,
4. RCM bertujuan menjaga agar keandalan fungsi sistem tetap sesuai dengan kemampua yang didesain untuk sistem tersebut,
5. RCM mengutamakan keselamatan(*safety*) baru kemudian untuk masalah ekonomi,
6. RCM mendefinisikan kegagalan sebagai kondisi yang tidak memuaskan atau tidak memenuhi harapan sebagai ukurannya adalah berjalannya fungsi sesuai *performance standart* yang ditetapkan,
7. RCM harus memberikan hasil-hasil yang nyata atau jelas, tugas yang dikerjakan harus dapat menurunkan jumlah kegagalan (*failure*) atau paling tidak menurunkan tingkat kerusakan akibat kegagalan.

2.3.3 Langkah-langkah Penerapan RCM

Langkah-langkah penerapan RCM (Smith & Hinchcliffe, 2004) yaitu:

1. Pemilihan Sistem dan Pengumpulan Informasi
 - a) Pemilihan Sistem

Pemilihan sistem ini bertujuan untuk memilih komponen kritis pada suatu mesin. Penentuan komponen kritis ini melihat komponen mana saja yang memiliki data kerusakan yang tinggi. Pemilihan ini menggunakan diagram pareto. Diagram pareto diperkenalkan oleh seorang ahli yaitu Afredo Pareto,

diagram pareto ini merupakan suatu gambar yang mengurutkan klasifikasi data dari kiri ke kanan menurut urutan ranking tertinggi hingga terendah. Diagram pareto ini memiliki arti bahwa 20% dari masalah kualitas atau kerusakan menyebabkan kerugian sebesar 80% .Diagram pareto berfungsi sebagai membantu dalam memusatkan perhatian pada persoalan utama dan mengetahui sebab dan akibat dari masalah tersebut. Langkah-langkah penyusunan diagram pareto yaitu :

1. Menentukan pengklasifikasian data seperti berdasarkan masalah
2. Menentukan satuan yang digunakan untuk mengurutkannya seperti unit, frekuensi dll
3. Mengumpulkan data
4. Merangkum data dan membuat ranking kategori data dari yang terbesar hingga terkecil

b) Pengumpulan Informasi

Pengumpulan informasi berfungsi untuk mendapatkan gambaran dan data yang lebih mendalam mengenai sistem dan cara kerja sistem. Informasi-informasi mengenai objek yang diteliti dikumpulkan dapat melalui pengamatan langsung di lapangan, wawancara dan sejumlah buku referensi.

2. Definisi batasan sistem

Merupakan batasan-batasan baik fisik maupun fungsi yang harus didefinisikan agar tinjauan menjadi fokus serta tepat sasaran. Batasan fungsi didapat dari *process description*, lalu mencocokkan aset register untuk menentukan peralatan apa saja yang melayani fungsi (proses) tersebut. Perlu juga dipertimbangkan untuk memasukkan peralatan yang memiliki sejarah intensitas kerusakan tinggi, walaupun peralatan tersebut tidak kritis bagi produksi. Pembuatan pembatasan sistem penting karena harus ada

pengetahuan jelas mengenai komponen apa saja yang termasuk dan tidak termasuk dalam sistem sehingga fungsi-fungsi penting potensial tidak secara tidak sengaja terlupakan, atau tumpang tindih dengan sistem yang berdekatan.

3. Deskripsi sistem dan blok diagram fungsi

a) Deskripsi sistem

Langkah deskripsi sistem ini diperlukan untuk mengetahui fungsi dan perawatan mesin bubut NC (1.1.1)

b) Blok Diagram Fungsi

Diagram blok fungsi menunjukkan *input* dan *output* dari sistem dan masing-masing bagiannya. Pengetahuan akan sistem, cara kerja sistem, serta *input* dan *output* memiliki andil yang sangat besar dalam menyukseskan analisa RCM yang dilakukan. Ada 4 jenis fungsi yaitu fungsi primer, fungsi sekunder, *protective devices*, dan fungsi tak berguna.

4. Fungsi sistem dan kegagalan sistem

Kegagalan didefinisikan sebagai ketidakmampuan untuk memenuhi fungsi. kegagalan-kegagalan yang mungkin antara lain

- a. mesin gagal mengalirkan bahan baku dari lokasi A ke B
- b. mesin dapat mengalirkan bahan baku, namun tidak memenuhi spesifikasi kinerja
- c. mesin memenuhi spesifikasi kinerja, namun tidak memindahkan dari lokasi A ke B

5. *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)

Dengan mengetahui bahwa kegagalan dapat berupa kegagalan pemenuhan fungsi primer, kegagalan memenuhi fungsi sekunder, dan kegagalan memenuhi fungsi primer dan sekunder.

Untuk suatu unit mesin baru, pengkajian kegagalan dilakukan per komponen mesin. Seluruh komponen mesin dikaji kemungkinan keagalannya (*possible failure modes*) dan kemungkinan akibat keagalannya (*possible failure effects*). Apabila melakukan

pengkajian suatu sistem yang sudah berjalan, dengan tujuan peningkatan kehandalan sistem, pengkajian cukup dengan sejarah kegagalan yang pernah terjadi. Oleh karena itu, akses kepada berkas-berkas pemeliharaan menjadi suatu kebutuhan dalam proses pengkajian ulang.

Hasil proses FMEA adalah melakukan suatu *criticality ranking* kepada seluruh peralatan yang dikaji. *Criticality ranking* ini penting karena 1) melakukan peningkatan semua peralatan tidak efektif waktu dan uang, 2) tidak semua peralatan akan memberikan peningkatan keuntungan yang berarti dari proses peningkatan yang dilakukan. *Criticality ranking* memungkinkan dilakukan perbandingan antara dua atau lebih peralatan yang tidak dapat (secara langsung) dibandingkan kinerjanya. Dengan demikian, proses peningkatan dapat difokuskan hanya kepada peralatan yang memiliki tingkat kekritisasi tertinggi.

Risk Priority Number (RPN) adalah sebuah pengukuran dari resiko yang bersifat relatif. RPN diperoleh melalui hasil perkalian antara ranking *Severity*, *Occurrence* dan *Detection*. RPN ditentukan sebelum mengimplementasikan rekomendasi dari tindakan perbaikan, dan ini digunakan untuk mengetahui bagian manakah yang menjadi prioritas utama berdasarkan nilai RPN tertinggi.

$$RPN = Severity \times Occurrence \times Detection$$

$$RPN = S \times O \times D \quad (25)$$

Ada tiga komponen yang membentuk nilai RPN yaitu :

1. *Severity* (S)

Severity adalah tingkat keparahan atau efek yang ditimbulkan oleh mode kegagalan terhadap keseluruhan mesin. Nilai ranking *Severity* antara 1 sampai 10. Tingkat *severity* secara umum dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 *Severity*

Ranking	<i>Severity</i>	Keterangan
10	Berbahaya tanpa peringatan	Kegagalan sisitem yang menghasilkan efek yang sangat berbahaya
9	Berbahaya dengan peringatan	Kegagalan sisitem yang menghasilkan efek yang berbahaya
8	Sangat tinggi	Sistem tidak beroperasi
7	Tinggi	Sistem beroperasi tetapi tidak dapat dijalankan secara penuh
6	Sedang	Sistem beroperasi dan aman tetapi mengalami penurunan performa sehingga mempengaruhi output
5	Rendah	Mengalami penurunan kinerja secara bertahap
4	Sangat Rendah	Efek yang kecil pada performa sistem
3	Kecil	Sedikit berpengaruh pada kinerja sistem
2	Sangat kecil	Efek yang diabaikan pada kinerja sistem
1	Tidak ada efek	Tidak ada efek

Sumber: Gaspersz, V. (2002)

2. *Occurrence* (O)

Occurrence adalah sebuah penilaian dengan tindakan tertentu dimana adanya sebuah sebab kerusakan secara mekanis yang terjadi pada komponen tersebut. Tingkat *Occurrence* dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 *Occurrence*

Ranking	<i>Occurrence</i>	Deskripsi
10	Sangat tinggi	Sering gagal
9		
8	Tinggi	Kegagalan yang berulang
7		
6	Sedang	Jarang terjadi kegagalan
5		
4		
3	Rendah	Sangat kecil terjadi kegagalan
2		
1	Tidak ada efek	Hampir tidak ada kegagalan

Sumber : Gaspersz, V. (2002)

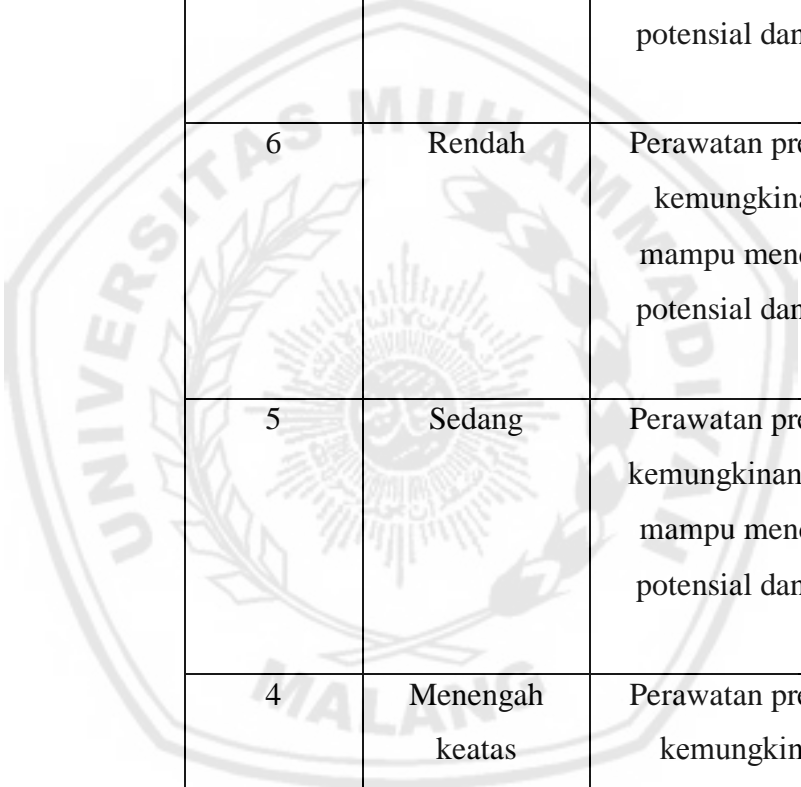
3. *Detection* (D)

Detection adalah pengukuran terhadap kemampuan mengendalikan atau mengontrol kegagalan yang dapat terjadi.

Nilai *detection* dapat dilihat pada tabel 2.3

Tabel 2.3 *Detection*

Ranking	<i>Detection</i>	Deskripsi
10	Tidak pasti	Tidak ada perawatan preventive akan selalu pasti tidak mampu untuk mendeteksi penyebab potensial dan mode kegagalan
9	Sangat kecil	Perawatan preventive memiliki kemungkinan “very remote” untuk mampu mendeteksi penyebab potensial dan mode kegagalan



8	Kecil	Perawatan preventive memiliki kemungkinan “remote” untuk mampu mendeteksi penyebab potensial dan mode kegagalan
7	Sangat rendah	Perawatan preventive memiliki kemungkinan sangat rendah untuk mampu mendeteksi penyebab potensial dan mode kegagalan
6	Rendah	Perawatan preventive memiliki kemungkinan rendah untuk mampu mendeteksi penyebab potensial dan mode kegagalan
5	Sedang	Perawatan preventive memiliki kemungkinan “moderate” untuk mampu mendeteksi penyebab potensial dan mode kegagalan
4	Menengah keatas	Perawatan preventive memiliki kemungkinan “moderately High” untuk mampu mendeteksi penyebab potensial dan mode kegagalan
3	Tinggi	Perawatan preventive memiliki kemungkinan tinggi untuk mampu mendeteksi penyebab potensial dan mode kegagalan

2	Sangat tinggi	Perawatan preventive memiliki kemungkinan sangat tinggi untuk mampu mendeteksi penyebab potensial dan mode kegagalan
1	Hampir pasti	Perawatan preventive akan selalu mendeteksi penyebab potensial dan mode kegagalan

Sumber: Gaspersz, V. (2002)

6. *Logic Tree Analysis* (LTA)

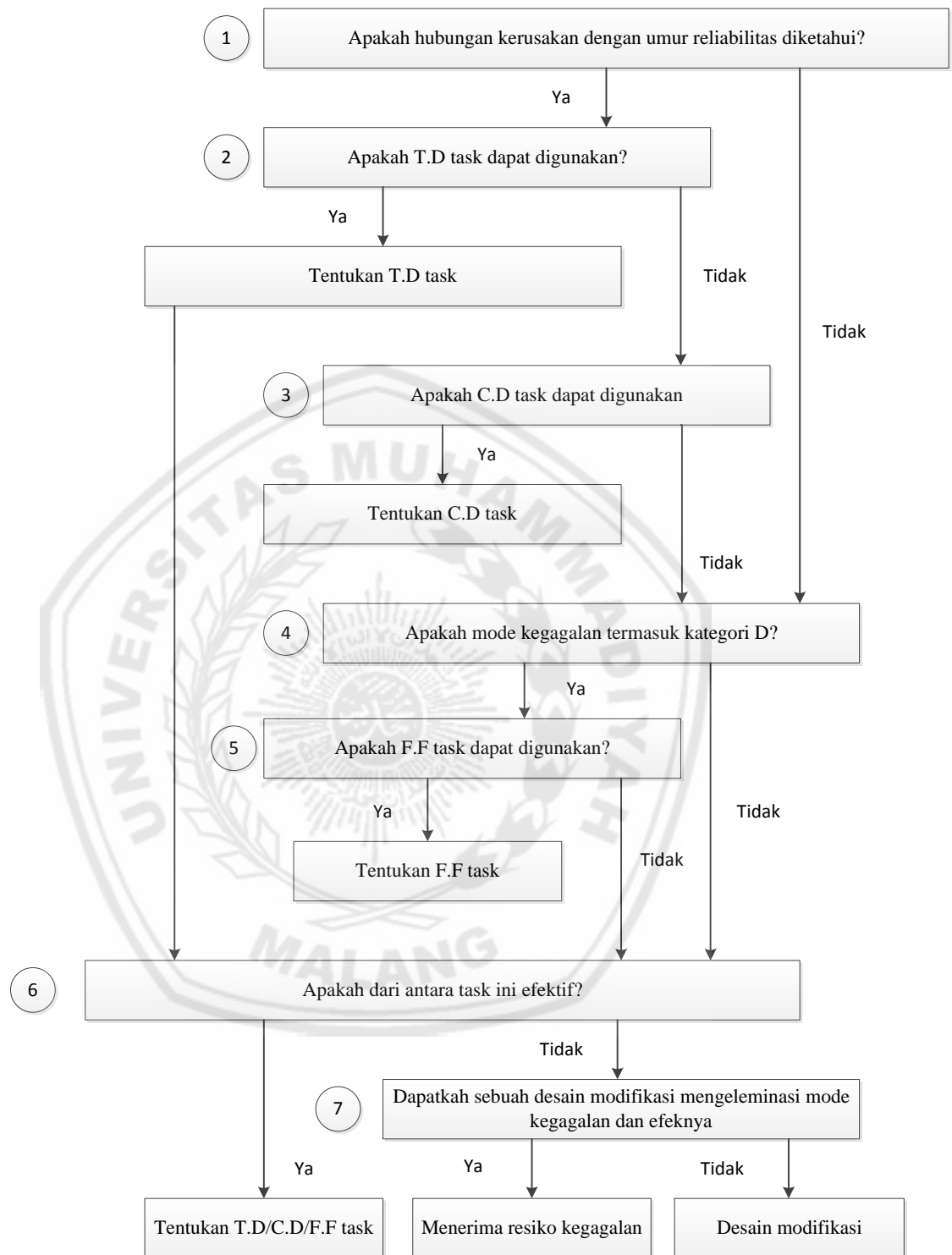
Logic Tree Analysis (LTA) bertujuan untuk melakukan tinjauan untuk kegagalan fungsi dan memberikan prioritas untuk tiap mode kerusakan. Pada bagian kolom LTA analisis kekritisian menempatkan setiap mode kerusakan ke dalam satu dari empat kategori. Empat hal yang penting dalam analisis kekritisian yaitu:

- a. *Evident* yakni apakah operator mengetahui dalam kondisi normal atau telah terjadi gangguan sistem?
- b. *Safety* yakni apakah mode kerusakan ini menyebabkan masalah keselamatan?
- c. *Outage* yakni apakah mode kerusakan ini mengakibatkan seluruh atau sebagian mesin berhenti?
- d. *Category* yakni pengkategorian yang diperoleh setelah menjawab pertanyaan-pertanyaan yang diajukan. Pada bagian ini komponen terbagi menjadi 4 kategori antara lain:
 1. Kategori A (*safety problem*)
 2. Kategori B (*outage problem*)
 3. Kategori C (*economic problem*)
 4. Kategori D (*hidden failure*)

7. Pemilihan Tindakan

Pemilihan tindakan ialah tahap terakhir dalam proses RCM. Proses ini akan menentukan tindakan yang tepat untuk mode kerusakan tertentu. Tugas yang dipilih dalam kegiatan *preventive maintenance* harus memenuhi syarat berikut yaitu :

- 1) Perlu dilakukan tugas menenukan kegagalan secara berkala, jika tindakan pencegahan tidak dapat meminimasi resiko terjadinya kegagalan majemuk sampai suatu batas yang dapat diterima. Jika tindakan tersebut tidak menghasilkan apa-apa, maka keputusan lainnya iatu wajib dilakukan adalah mendesain ulang sistem tersebut.
- 2) Tidak perlu dilakukan *maintenance* terjadwal, jika tindakan pencegahan dilakukan akan tetapi biaya proses total masih jauh lebih besar daripada jika tidak dilakukan sehingga menyebabkan terjadinya konsekuensi operasional.
- 3) Tidak perlu dilakukan *maintenance* terjadwal, jika dilakukan tindakan pencegahan akan tetapi biaya proses total masih lebih besar daripada jika tidak dilakukan tindakan pencegahan sehingga dapat menyebabkan terjadinya konsekuensi non operasional.



(Sumber : (Smith & Hinchcliffe, 2004, hal 134)

Gambar 2.1 Road Map Pemilihan Tindakan

Pada Gambar di atas, dapat dilihat *Road map* Pemilihan tindakan dengan pendekatan *Reliability Centered Maintenance* (RCM). Tindakan perawatan terbagi menjadi 3 jenis yaitu :

1. *Condition Directed* (C.D), tindakan yang diambil bertujuan untuk mendeteksi kerusakan dengan cara *visual inspection*, memeriksa alat, serta memonitoring sejumlah data yang ada. Apabila ada pendeteksian ditemukan gejala-gejala kerusakan peralatan maka dilanjutkan dengan perbaikan atau penggantian komponen.
2. *Time Directed* (T.D), tindakan yang bertujuan untuk melakukan pencegahan langsung terhadap sumber kerusakan yang didasarkan pada waktu atau umur komponen.
3. *Finding Failure* (F.F), tindakan yang diambil dengan tujuan untuk menemukan kerusakan tersembunyi dengan pemeriksaan berkala.

2.4 Teori Keandalan (*Reliability*)

Keandalan suatu sistem yaitu suatu keadaan yang menunjukkan kondisi suatu sistem dikatakan positif atau negatif. Ukuran berhasil tidaknya suatu tindakan perawatan dapat dinyatakan dengan tingkat *reliability*. Konsep keandalan saat ini digunakan untuk menentukan jumlah suku cadang dalam kegiatan keperawatan. Dalam mengukur keandalan suatu sistem diperlukan suatu model distribusi untuk mengetahui perlakuan yang tepat terhadap mesin tersebut.

Menurut kurniawan (2013), keandalan dapat didefinisikan suatu probabilitas dimana suatu sistem industri dapat berfungsi dengan baik pada periode tertentu (periode t). Pengertian yang lain dari keandalan yaitu suatu ukuran kekuatan dari peralatan atau sistem untuk beroperasi tanpa kegagalan saat dioperasikan (Smith, 1976). Karakteristik probabilitas suatu sistem dapat melakukan fungsinya dalam kondisi tertentu dan waktu yang ditentukan.

Berdasarkan definisi diatas, maka ada beberapa hal yang perlu diperhatikan yaitu :

1. Probabilitas, dimana nilai *realibility* adalah berada diantara 0 dan 1.
2. Kemampuan yang diharapkan, harus digambarkan secara terang atau jelas.
3. Tujuan yang diinginkan, dimana kegunaan peralatan harus spesifik.
4. Waktu yang merupakan parameter yang penting untuk melakukan penilaian kemungkinan suksesnya suatu sistem.
5. Kondisi lingkungan, dimana dapat mempengaruhi umur dari sistem atau peralatan seperti suhu.

Menurut Ebeling (2004), dalam teori keandalan terdapat empat konsep yang dipakai dalam pengukuran tingkat keandalan suatu sistem yaitu :

1) Fungsi Kepadatan Probabilitas

Fungsi Kepadatan Probabilitas menunjukkan bahwa kerusakan suatu sistem atau mesin terjadi secara terus-menerus dan bersifat probabilistik dalam selang waktu $(0, \infty)$. Pengukuran kerusakan itu dilakukan dengan menggunakan data variabel tertinggi, jarak dan jangka waktu. Serta fungsi $f(x)$ dinyatakan fungsi kepadatan probabilitas.

2) Fungsi Distribusi Kumulatif

Fungsi distribusi kumulatif ini menyatakan probabilitas kerusakan dalam percobaan acak, dimana variabel acak tidak lebih dari x .

3) Fungsi Keandalan

Jika variabel acak dinyatakan sebagai suatu waktu kegagalan atau umur suatu komponen, maka keandalan dinotasikan dengan $R(t)$ memiliki *range*.

$0 < R(t) < 1$, dimana:

$R = 1$ sistem dapat melakukan fungsi dengan baik

$R = 0$ sistem tidak dapat melakukan fungsi dengan baik

Maka rumus fungsi keandalan (Ansori & Mustajib, 2013) adalah :

$$R(t) = \int_0^{\infty} f(t)dt \quad (1)$$

Dimana :

$R(t)$ = Fungsi Keandalan

$F(t)$ = Probabilitas Kerusakan

Untuk $t \rightarrow 0$, $R(t) \rightarrow 1$, berarti sistem dalam keadaan baik

Untuk $t \rightarrow \infty$, $F(t) \rightarrow 0$, berarti sistem dalam keadaan rusak

Fungsi keandalan $R(t)$ untuk *preventive maintenance* dirumuskan sebagai berikut:

$$R(t-nT) = 1-F(t-nT) \quad (2)$$

Dimana :

n : Jumlah pergantian pencegahan yang telah dilakukan sampai kurun waktu t

T : Interval pergantian komponen

$F(t)$: Frekuensi distribusi kumulatif komponen

4) Fungsi Laju Kerusakan

Fungsi ini didefinisikan sebagai limit dari laju kerusakan dengan panjang interval waktu mendekati nol, maka fungsi laju kerusakan ialah laju kerusakan sesaat.

2.4.1 Model Distribusi

Dalam perhitungan *reliability*, diperlukan suatu model matematis untuk melakukan perhitungan tersebut. Model matematis ini membutuhkan pendekatan dari distribusi tertentu untuk dapat melakukan perhitungan yang tepat. Macam-macam distribusi yang biasa digunakan yaitu :

1. Distribusi *Weibull*

Distribusi *Weibull* merupakan distribusi empiris yang paling banyak digunakan dan hampir muncul pada semua karakteristik kegagalan dari produk karena mencakup ketiga frase kerusakan yang mungkin terjadi pada distribusi kerusakan. Untuk perhitungan *reliability* yang akan digunakan dalam penelitian ini terdapat dua

parameter yang digunakan dalam distribusi ini yaitu θ yang disebut dengan parameter skala (*scale parameter*) dan m yang disebut dengan parameter bentuk (*shape parameter*).

- a. Fungsi Kepadatan Probabilitas berdasarkan rumus (Lewis, 1987):

$$f(t) = \frac{m}{\theta} \left(\frac{t}{\theta}\right)^{m-1} \exp \left[-\left(\frac{t}{\theta}\right)^m\right] \quad (3)$$

- b. Fungsi Distribusi Kumulatif berdasarkan rumus (Lewis, 1987):

$$F(t) = 1 - \exp \left[-\left(\frac{t}{\theta}\right)^m\right] \quad (4)$$

- c. Fungsi Keandalan berdasarkan rumus (Lewis, 1987):

$$R(t) = \exp \left[-\left(\frac{t}{\theta}\right)^m\right] \quad (5)$$

- d. Fungsi laju kerusakan berdasarkan rumus (Lewis, 1987):

$$r(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{m}{\theta} \left(\frac{t}{\theta}\right)^{m-1} \quad (6)$$

Dimana :

m = shape parameter, $m > 0$

θ = skala parameter untuk karakteristik life time

t = waktu operasi keseluruhan

$R(t)$ = Fungsi Keandalan

$F(t)$ = Probabilitas Kerusakan

Dalam distribusi Weibull yang menentukan tingkat kerusakan dari pola data yang terbentuk adalah parameter m . Nilai-nilai m yang menunjukkan laju kerusakan terdapat dalam tabel berikut :

Tabel 2.4 nilai parameter m

Nilai	Laju Kerusakan
$0 < m < 1$	Pengurangan laju kerusakan (DFR)
$m = 1$	Distribusi Eksponensial
$1 < m < 2$	Peningkatan laju kerusakan (IFR), Konkaf
$m = 2$	Distribusi Rayleigh
$m < 2$	Peningkatan laju kerusakan (IFR), Konveks
$3 \leq m \leq 4$	Peningkatan laju kerusakan (IFR), mendekati kurva normal

2 Distribusi Nornal

Distribusi Normal sangat istimewa karena dapat memodelkan sebagai besar fenomena di alam. Distribusi ini sering kali digunakan untuk memodelkan fenomena keausan (kelelahan). Karena hubungan dengan distribusi Lognormal, distribusi ini dapat juga digunakan untuk menganalisa probabilitas Lognormal. Parameter yang digunakan adalah μ (nilai tengah) dan σ (standar deviasi). Fungsi-fungsi distribusi normal, berdasarkan rumus (Jardine,1973):

a. Fungsi Kepadatan Probabilitas

$$f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2} \right] \text{ dengan } -\infty < t < \infty \quad (7)$$

b. Fungsi Distribusi Kumulatif

$$F(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_t^{t+1} \exp \left[-\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2} \right] dt \quad (8)$$

c. Fungsi Keandalan

$$R(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_t^{\infty} \exp \left[-\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2} \right] dt \quad (9)$$

d. Fungsi laju kerusakan

$$r(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2} \right]}{\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_t^{\infty} \exp \left[-\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2} \right] dt} dt \quad (10)$$

Dimana :

μ = harga rata-rata

σ = standart deviasi

t = waktu operasi keseluruhan

$R(t)$ = Fungsi Keandalan

$F(t)$ = Probabilitas Kerusakan

e. Distribusi Lognormal

Distribusi lognormal adalah distribusi yang berguna untuk menggambarkan distribusi kerusakan untuk situasi yang bervariasi. Distribusi ini dimengerti hanya untuk nilai t positif dan lebih sesuai daripada distribusi normal dalam hal kerusakan. Seperti halnya distribusi

weibull, lognormal ini dapat mempunyai berbagai bentuk. Seringkali dijumpai bahwa data yang sesuai dengan distribusi weibull sesuai pula dengan distribusi lognormal, berdasarkan rumus (Lewis,1987) :

- a. Fungsi Kepadatan Probabilitas

$$f(t) = \frac{1}{t\sigma\sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{(\ln(t)-\mu)^2}{2\sigma^2} \right] \text{ dengan } -\infty < t < \infty \quad (11)$$

- b. Fungsi Distribusi Kumulatif

$$F(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_t^{t+1} \exp \left[-\frac{(\ln(t)-\mu)^2}{2\sigma^2} \right] dt \quad (12)$$

- c. Fungsi Keandalan

$$R(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_t^{\infty} \exp \left[-\frac{(\ln(t)-\mu)^2}{2\sigma^2} \right] dt \quad (13)$$

- d. Fungsi laju kerusakan

$$r(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \quad (14)$$

Dimana :

μ = harga rata-rata

σ = standart deviasi

t = waktu operasi keseluruhan

$R(t)$ = Fungsi Keandalan

$F(t)$ = Probabilitas Kerusakan

- e. Distribusi Eksponensial

Distribusi eksponensial merupakan salah satu distribusi yang paling sering muncul dalam konteks evaluasi keandalan. Pada distribusi ini, laju kegagalan adalah konstan ($\lambda = C$). Distribusi eksponensial adalah kasus khusus dari distribusi Poisson jika hanya kegagalan yang pertama saja yang diperhitungkan. Distribusi eksponensial hanya berlaku pada *useful life period* saja pada *bath-tub curve*, dengan kata lain probabilitas terjadinya kerusakan tidak tergantung pada umur alat. Distribusi ini merupakan distribusi yang paling mudah untuk dianalisa. Parameter yang digunakan dalam distribusi Eksponensial adalah λ , yang menunjukkan rata – rata kedatangan kerusakan yang terjadi. Fungsi-fungsi dari distribusi Eksponensial, berdasarkan rumus (Ansori & Mustajib, 2013):

- a. Fungsi Kepadatan Probabilitas

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t} \quad (15)$$

- b. Fungsi Distribusi Kumulatif

$$F(t) = 1 - \lambda e^{-\lambda t} \quad (16)$$

- c. Fungsi Keandalan

$$R(t) = e^{-\lambda t} \quad (17)$$

- d. Fungsi laju kerusakan

$$r(t) = \lambda \quad (18)$$

Dimana :

λ = kecepatan rata-rata terjadi kerusakan

t = waktu keseluruhan operasi

$R(t)$ = Fungsi Keandalan

$F(t)$ = Probabilitas Kerusakan

2.4.2 Variabel waktu dalam pemeliharaan

Variabel waktu dalam pemeliharaan terdapat 3 macam yaitu :

1. *Mean Time To Failure* (MTTF)

Menurut Ansori & Mustajib (2013), *Mean Time to Failure* (MTTF) yaitu rata-rata kerusakan atau *mean to failure* (MTTF). MTTF hanya digunakan pada komponen atau alat yang sering sekali mengalami kerusakan dan harus diganti dengan atau komponen yang masih baru. MTTF mempunyai perhitungan yang berbeda-beda untuk data kerusakan yang mengikuti distribusi kerusakan yang berbeda.

Pada penelitian Djunaidi & Sufa (2007) terhadap komponen *mould* dan *blow head* di PT KCI, sistem perawatan khususnya komponen *mould* dan *blow head* bersifat *corrective maintenance* yang perawatannya dilakukan setelah terjadinya kerusakan. Kerusakan komponen ini menyebabkan produk mengalami kecacatan (*reject*). Setelah waktu kerusakan diolah dan didapat distribusi yang sesuai barulah bisa dihitung waktu rata-rata

terjadinya kerusakan (MTTF). Untuk komponen *mould* sebesar 64,85 jam dan *blow head* sebesar 56,88 jam.

Rumus MTTF berdasarkan (Ansori & Mustajib, 2013) :

- a. Distribusi Weibul berdasarkan rumus (Ansori & Mustajib, 2013):

$$MTTF = \int_0^{\infty} e^{-\left(\frac{t}{\theta}\right)^m} dt \quad (19)$$

- b. Distribusi Normal berdasarkan (Lewis, 1987):

$$MTTF = \mu \text{ untuk } t > 0 \quad (20)$$

- c. Distribusi Lognormal (Ansori & Mustajib, 2013):

$$MTTF = \exp(\mu + (0,5s^2)) \quad (21)$$

- d. Distribusi Eksponensial (Ansori & Mustajib, 2013):

$$MTTF = \int_0^{\infty} R(t)dt = 1/\lambda \quad (22)$$

Dimana

m = shape parameter, $m > 0$

θ = skala parameter untuk karakteristik life time

t = waktu operasi keseluruhan

s = variansi

λ = kecepatan rata-rata terjadi kerusakan

μ = rata-rata

$R(t)$ = Fungsi Keandalan

$F(t)$ = Probabilitas Kerusakan

2. Mean Time To Repair (MTTR)

Mean Time to Repair (MTTR) merupakan rata-rata waktu komponen untuk dilakukan perbaikan atau perawatan (*repair*) (Ansori & Mustajib, 2013). MTTR berpatokan pada lamanya penggantian komponen dan perbaikan. Secara umum waktu perbaikan dapat diberlakukan sebagai variabel random karena kejadian yang berulang-ulang dapat mengakibatkan waktu perbaikan yang berbeda-beda. Untuk menentukan MTTR maka terlebih dahulu harus mengetahui jenis distribusi dari datanya.

Pada penelitian Djunaidi & Sufa (2007) terhadap komponen *mould* dan *blow head* di PT KCI, sistem perawatan khususnya komponen *mould* dan *blow head* bersifat *corrective maintenance* yang perawatannya dilakukan setelah terjadinya kerusakan. Kerusakan komponen ini menyebabkan produk mengalami kecacatan (*reject*). Pada komponen ini memiliki *downtime* yang terbesar diantara komponen lain sebesar 17,08 jam. Dengan data *downtime* yang sudah diuji kecocokan distribusi dan hasilnya sesuai barulah rata-rata waktu perbaikan kerusakan komponen (MTTR) bisa dihitung. Hasil perhitungan MTTR ntuk komponen *mould* sebesar 1,89 jam dan *blow head* sebesar 1,08 jam.

Menurut Ansori & Mustajib (2013) ,MTTR diperoleh dengan rumus :

$$E [T] = \int_0^{\infty} R(t)dt \quad (23)$$

3. Mean Time Between Failure (MTBF)

Mean Time Between Failure (MTBF) merupakan suatu ukuran seberapa keandalan (*reliabel*) suatu komponen (Ansori & Mustajib, 2013). Perhitungan MTBF dapat digunakan sebagai acuan dasar ketika melakukan perancangan suatu produksi baru. MTBF dapat dikembangkan sebagai hasil dari pengujian intensive berdasar pada pengalaman produk nyata atau yang diramalkan dengan penelitian faktor yang sudah diketahui.. MTBF didapatkan dengan menghitung perbandingan antara total waktu saat peralatan dalam kondisi baik sehingga dapat melakukan fungsi dengan jumlah terjadinya *failure* dalam suatu kurun waktu tertentu.

Pada penelitian Djunaidi & Sufa (2007) terhadap komponen *mould* dan *blow head* di PT KCI, sistem perawatan khususnya komponen *mould* dan *blow head* bersifat *corrective maintenance* yang perawatannya dilakukan setelah terjadinya kerusakan. Hasil perhitungan (MTTF) untuk komponen *mould* sebesar 64,85 jam dan

blow head sebesar 56,88 jam. Hasil perhitungan MTTR untuk komponen *mould* sebesar 1,89 jam dan *blow head* sebesar 1,08 jam. Sehingga hasil MTBF yakni dari penjumlahan MTTF dan MTTR, pada komponen *mould* sebesar 66,74 jam dan *blow head* sebesar 57,96 jam.

Menurut Ansori & Mustajib (2013) ,MTBF diperoleh dengan rumus :

$$MTBF = MTTF + MTTR \quad (24)$$

2.5 Model Penentuan Interval Waktu Penggantian Optimal Dengan Minimasi Downtime

Model penentuan penggantian pencegahan berdasarkan kriteria minimasi *downtime* digunakan dengan menentukan waktu terbaik dilakukannya penggantian sehingga total *downtime* per unit waktu dapat terminimasi. Penggantian dilakukan untuk menghindari terhentinya mesin akibat kerusakan komponen. Model ini digunakan untuk mengetahui interval waktu penggantian pencegahan yang optimal sehingga meminimasi total *downtime*. Terdapat dua model penggantian yaitu :

1. Block Replacement

Pada model ini, tindakan penggantian dilakukan pada suatu interval yang tetap, serta digunakan jika diinginkan adanya suatu konsentrasi terhadap interval penggantian pencegahan yang telah ditentukan walaupun sebelumnya telah terjadi penggantian yang disebabkan karena adanya kerusakan. Pelaksanaan dari model ini adalah melakukan penggantian karena kerusakan yang terjadi dalam interval dengan mengabaikan frekuensi penggantian yang terjadi selama selang interval waktu tersebut, serta melakukan penggantian pencegahan pada setiap selang waktu t_p sekali secara konstan, dengan mengabaikan umur komponen. Rumus *Replacement interval* (Jardine,1973)

$$D(t) = \frac{H(t)T_f + T_p}{t_p + T_p} \quad (26)$$

Keterangan :

$H(t)$ = Banyaknya kerusakan dalam interval waktu $(0, t_p)$, merupakan nilai harapan

T_f = Waktu yang diperlukan untuk penggantian komponen karena kerusakan

T_p = Waktu yang diperlukan untuk penggantian komponen karena tindakan *preventive* (komponen belum rusak)

t_p = interval waktu penggantian pencegahan

2. *Age Replacement*

Pada model ini penggantian pencegahan dilakukan tergantung pada umur pakai dari komponen. Tujuan model ini menentukan umur optimal dimana penggantian pencegahan harus dilakukan sehingga dapat meminimasi *total downtime*. Penggantian pencegahan dilakukan dengan menetapkan kembali interval waktu penggantian pencegahan berikutnya sesuai dengan interval yang telah ditentukan jika terjadi kerusakan yang menuntut dilakukannya tindakan penggantian.

Pada penelitian Djunaidi & Sufa (2007) terhadap komponen *mould* dan *blow head* di PT KCI, sistem perawatan khususnya komponen *mould* dan *blow head* bersifat *corrective maintenance* yang perawatannya dilakukan setelah terjadinya kerusakan. Kerusakan komponen ini menyebabkan produk mengalami kecacatan (*reject*). Pada komponen ini memiliki *downtime* yang terbesar diantara komponen lain sebesar 17,08 jam. Maka dari itu penelitian ini mengusulkan dalam perawatan pencegahan ini difokuskan pada komponen kritis yaitu *mould* dan *blow head*. Metode yang digunakan yaitu metode *Age Replacement* yaitu menentukan interval penggantian pencegahan berdasarkan umur optimal komponen. Dari hasil perhitungan yang didapat dengan menggunakan metode *Age Replacement* untuk komponen *mould* sebesar 49 jam dan *blow head* sebesar 41 jam.

Rumus Total *Minimum Downtime* per unit waktu untuk penggantian pencegahan pada saat t_p didenotasikan dengan $D(t_p)$ (Jardine, 1973) yakni :

$$D(t_p) = \frac{\text{total ekspektasi downtime per siklus}}{\text{ekspektasi panjang per siklus}} \quad (27)$$

Total ekspektasi downtime per siklus = $T_p.R(t_p) + (1 - R(t_p))$

Ekspektasi panjang siklus = $(t_p + T_p).R(t_p) + (M(t_p) + T_f).(1 - R(t_p))$

Total downtime per unit waktu yakni:

$$D(t_p) = \frac{T_p.R(t_p) + (1 - R(t_p))}{(t_p + T_p).R(t_p) + (M(t_p) + T_f).(1 - R(t_p))} \quad (28)$$

Keterangan :

t_p = interval waktu penggantian pencegahan

T_f = downtime yang terjadi karena penggantian kerusakan

T_p = downtime yang terjadi karena penggantian pencegahan

$F(t)$ = fungsi distribusi interval antar kerusakan yang terjadi

$R(t_p)$ = probabilitas terjadinya penggantian pencegahan pada saat t_p

$M(t_p)$ = waktu rata-rata terjadinya kerusakan jika penggantian pencegahan dilakukan pada tiap t_p

$D(t_p)$ = downtime per satuan waktu

2.6 Spesifikasi mesin bubut NC (1.1.1)

Mesin bubut NC (1.1.1) merupakan salah satu jenis mesin bubut konvensional. Berikut ini spesifikasi mesin yaitu :

1. Tinggi tengah (*center height*) : 1000 mm
2. Jarak antar pusat (*distance between centers*) : 8000 mm
3. Panjang tempat dudukan produk (*length of bed*) : 11700 mm
4. Lebar tempat dudukan produk (*width of bed*) : 1560 mm
5. Diameter permukaan pelat (*diameter of face plate*) : 1600 mm
6. Ayunan diatas tempat dudukan (*swing over bed*) : 2000 mm
7. Ayunan diatas eretan (*swing over carriage*) : 1600 mm
8. Diameter spindel tailstock (*diameter of tailstock spindle*) : 160 mm

9. Berat mesin (*machine weight*)

: 49000 kg

2.7 Penelitian Terdahulu

Rachman (2017) melakukan penelitian terhadap mesin boiler pada PLTU PT Indo Pusaka Berau. Permasalahannya adalah sering terjadi kerusakan komponen boiler. Sehingga perlu adanya sistem perawatan mesin dengan menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM). Dengan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM), mendapatkan hasil perhitungan interval penggantian komponen didapatkan 37 hari untuk komponen *gland seal steam* dan 58 hari untuk komponen *check valve*. Hasil lainnya yaitu dapat menurunkan *downtime* sebesar 11,33 % dari metode perawatan yang dilakukan perusahaan.

Aufar (2014) melakukan penelitian terhadap mesin *overhead conveyor* (OHC) pada PT. Nissan Motor Indonesia. Permasalahannya adalah sering terjadi kerusakan pada periode Februari-Mei 2014 dengan jumlah kerusakan paling tinggi dibandingkan dengan mesin yang lain sebanyak 38 mode kegagalan. Dengan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM), terdapat 34 kegagalan yang bisa diatasi dengan melakukan kebijakan perawatan dengan melakukan pengamatan dan pemeriksaan secara berkala. Dan 4 mode kegagalan diatasi dengan melakukan kebijakan perawatan untuk tetap menggunakan komponen hingga komponen tersebut mengalami kerusakan.

Alghofari (2006) melakukan penelitian terhadap mesin *ballmill* pada PT. Sici Multi IndoMarmer. Pada PT. Sici Multi IndoMarmer sudah menerapkan *corrective maintenance* tetapi masih terjadi kerusakan khususnya pada mesin *ballmill*. Pada mesin ini mengalami kerusakan pada komponen-komponennya seperti *fillow block UC-210*, *gear T 17*, *gear T 124*, *as pully* dan *van belt B 124*. Penyebab komponen mengalami kegagalan yaitu getaran dan usia pemakai. Penyebab getaran atau gesekan bisa diatasi dengan memberi pengikat (penahan getaran). Sedangkan untuk usia pemakai bisa diatasi dengan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM), dengan membuat *scheduled maintenance* dan pengecekan secara berkala. Kesimpulannya PT. Sici Multi IndoMarmer sebelumnya menerapkan *corrective maintenance* yang

menyebabkan tidak ada jadwal yang terencana. Sedangkan pada penelitian saya, PT Boma Bisma Indra (persero) sudah menerapkan *preventive maintenance* akan tetapi masih terjadi kerusakan pada mesin bubut NC (1.1.1).

